

F. Karami
M. Rajabi
M. Askari

E-mail: fkarami@tabrizu.ac.ir

فریبا کرمی، استادیار گروه پژوهشی جغرافیا دانشگاه تبریز
مصطفی رجبی، دانشیار گروه جغرافیای طبیعی دانشگاه تبریز
میریم عسگری، کارشناس ارشد جغرافیا و برنامه ریزی محیطی
شماره مقاله: ۹۰۲-۱۴۱-۱۵۸
صفحه: ۱۴۱-۱۵۸

وصول: ۱۳۹۱/۲/۲ پذیرش: ۱۳۹۱/۱۰/۱

تحلیل فعالیت‌های نئوتکتونیکی دامنه شمالی رشته کوه بزقوش با استفاده از روش‌های ژئومورفولوژیکی

چکیده

هدف این پژوهش تحلیل فعالیت‌های نئوتکتونیکی حوضه‌های زهکشی دامنه شمالی رشته کوه بزقوش (شمال غرب ایران) با استفاده از روش‌های ژئومورفولوژیکی (شواهد مورفوکتونیکی و شاخص‌های ژئومورفیک) است. برای دستیابی به این هدف، علاوه بر بازدیدهای میدانی و مطالعه عکس‌های هوایی، پنج شاخص ژئومورفیک در ۲۰ حوضه دامنه شمالی رشته کوه بزقوش محاسبه شدند. محاسبه شاخص‌ها با استفاده از نقشه‌های توپوگرافی (۱:۵۰۰۰۰)، نقشه‌ای زمین‌شناسی (۱:۱۰۰۰۰۰) و عکس‌های هوایی (۱:۲۰۰۰۰) منطقه انجام گرفت. نقشه‌ها با استفاده از نرم افزار ArcGIS ترسیم شدند. نتیجه تحلیل شاخص‌ها نشان می‌دهد که ۴۰ درصد حوضه‌های زهکشی دامنه شمالی رشته کوه بزقوش بویژه در بخش‌های میانی آن، دارای فعالیت تکتونیکی زیاد هستند. ۳۵ درصد منطقه مورد مطالعه که حوضه‌های زهکشی بخش‌های شرقی و برخی حوضه‌های میانی را دربرمی‌گیرند دارای فعالیت تکتونیکی متوسط هستند و در ۲۵ درصد بقیه حوضه‌ها که به نواحی غربی رشته کوه بزقوش مربوط می‌شوند، فعالیت تکتونیکی کم است. پدیده‌هایی مانند پرتگاه‌های گسلی، مخروطافکنهای چند نسلی، دره‌های خطی، آبشارها، چشمه‌های آب گرم و آب سرد، از جمله شواهد مورفوکتونیکی هستند که به‌وفور در حوضه‌های با فعالیت زیاد و متوسط تکتونیکی در دامنه شمالی رشته کوه بزقوش دیده می‌شوند.

واژه‌های کلیدی: نئوتکتونیک، مورفوکتونیک، شاخص‌های ژئومورفیک، رشته کوه بزقوش.

مقدمه

نتوتکتونیک مطالعه حرکات افقی و قائم پوسته زمین از اواخر نئوژن و کواترنر است. برای نئوتکتونیک تعاریف زیادی وجود دارد. محققان بسیاری تکتونیک را آغاز حرکات پوسته‌ای زمین بعد از جوانترین فاز کوه‌زایی تعریف کرده‌اند (استپانکیکوا^۱ و همکاران، ۲۰۰۸: ۶۸). در این زمینه زوجیویچ^۲ (۱۹۹۵: ۸) معتقد است که نئوتکتونیک فقط به

1- Stepancikova
2-Zuchiewicz

نئوژن پایانی و کواترنر اختصاص دارد. از آنجایی که کوهزایی پاسادینی به عنوان آخرین مرحله کوهزایی کره زمین در پلیو-کواترنر وارد عمل گردیده است، بنابراین، نئوتکتونیک در واقع ادامه جنبش‌های زمین ساختی پاسادینی است (علایی طالقانی، ۱۳۸۱: ۴۵).

پدیده‌هایی که در نئوتکتونیک مطالعه می‌شوند، شامل تمام عوامل، فرایندها و عملکردهای ناشی از فعالیت‌های جدید زمین و اشکال ایجاد شده به وسیله این فعالیت‌هاست. مسلماً هر جا فعالیتی از نظر تکتونیکی در کواترنر اتفاق افتاد، آثار و شواهد آن در سطح زمین به شکل‌های مختلف قابل شناسایی است. پیدایش پادگانه‌های آبرفتی در حاشیه رودها، برش رأس مخروطافکه‌های آبرفتی، ایجاد پادگانه‌های دریاچه‌ای در حاشیه حوضه‌ها، تشکیل سطوح فرسایشی در پایکوه‌ها و غیره عوارضی هستند که در پیدایش آنها علاوه بر دلالت تغییرات آب و هوایی کواترنر، فعالیت‌های نئوتکتونیکی دلالت داشته‌اند (علایی طالقانی، ۱۳۸۱: ۴۵). این اشکال و نهشته‌های تحول‌یافته سطح زمین، اطلاعات روشنی از فعالیت ساختارهای تکتونیکی مناطق مختلف ارائه می‌دهند (سیلو^۳ و همکاران، ۲۰۰۳: ۲۰۳). وقوع زمین‌لرزه‌های مکرر از پیامدهای دیگر فعل بودن حرکات نئوتکتونیکی در حال حاضر است.

از آنجایی که الگوهای شبکه‌های زهکشی اطلاعات مفیدی درباره گذشته و حال رژیم‌های تکتونیکی یک منطقه ارائه می‌دهند و به روشن شدن موقعیت فعال ساختاری منطقه کمک می‌کنند، بنابراین، حوضه‌های زهکشی می‌توانند برای ارزیابی و تحلیل تأثیرات نئوتکتونیکی تجزیه و تحلیل شوند. برای این منظور، از شاخص‌های ژئومورفیک که ابزار مفیدی در مطالعات نئوتکتونیکی محسوب می‌شوند، استفاده می‌شود (استپانکیکوا و همکاران، ۲۰۰۸: ۶۹). این شاخص‌ها عکس العمل لندформ‌ها را به فرایندهای تغییرشکل اخیر آشکار می‌نمایند و بخش‌های تغییرشکل یافته به وسیله گسل‌های فعل را مشخص می‌کنند (پدررا^۴ و همکاران، ۲۰۰۹: ۲۱۸).

کشور ایران به لحاظ قرارگیری در کمریند زلزله‌خیز آلپ - هیمالیا، از نظر فعالیت‌های تکتونیکی از نواحی بسیار فعال جهان محسوب می‌شود. تکتونیک فعل در ایران مطابق مدل جهانی تکتونیک صفحه‌ای، از همگرایی پوسته‌های قاره‌ای عربستان و اوراسیا ناشی می‌شود (مارتینی^۵ و همکاران، ۱۹۹۸: ۱۸۷). ارمنستان، شرق ترکیه و شمال غرب ایران در بخش مرکزی منطقه بروخورد دو سپر قرار دارند. از این‌رو، تحلیل فعالیت‌های نئوتکتونیکی در رشته کوه بزقوش که در شمال غرب ایران و در منطقه بروخورد سپرهای عربستان و اوراسیا استقرار یافته ضروری بنظر می‌رسد. برای این منظور حدود ۲۰ حوضه زهکشی دامنه شمالی رشته کوه بزقوش که بوسیله امتداد یکی از شاخه‌های فرعی گسل تبریز قطع شده‌اند، انتخاب شدند تا به این وسیله موقعیت ساختاری و رژیم‌های تکتونیکی آنها در کواترنر مشخص گردد. قابل ذکر است با شناسایی و آگاهی کافی از فرایندهای تکتونیکی منطقه و بکارگیری تکنیک‌های متناسب با نیروهای حاکم در محیط طبیعی می‌توان به برنامه‌ریزی صحیح و منطقی در زمینه توسعه سکونتگاه‌های انسانی، ساخت و حفاظت از سازه‌های آبی، احداث زیرساخت‌های ترابری و سایر برنامه‌های عمرانی در منطقه اقدام نمود. هدف این پژوهش ارزیابی فعالیت‌های نئوتکتونیک دامنه شمالی بزقوش با استفاده از شاخص‌های ژئومورفیک و شناسایی شواهد ژئومورفولوژیک چشم اندازها از نظر تکتونیک است.

3- Silva

4- Pedrera

5- Martini

پیشینه تحقیق

شاخص‌های ژئومورفیک در نواحی مختلف دنیا به وسیله دانشمندان متعدد مانند سواحل کاستاریکا (ولر^۶ و همکاران، ۱۹۸۸)، سواحل مدیترانه‌ای اسپانیا (سیلووا و همکاران، ۲۰۰۳)، گرابن آکامبی مکزیک (رامیرز- هررا^۷، ۱۹۹۸) و گوارنیری و پیروتا^۸ (۲۰۰۸) در ایتالیا و غیره مورد استفاده قرار گرفته و تأیید شده است. همچنین فیگورا و نات^۹ (۲۰۱۰) در مطالعه ژئومورفولوژی تکتونیکی جنوب کوهستان سیرنوادا (کالیفرنیا) هم از شاخص‌های ژئومورفیک استفاده کردند. در ایران نیز شاخص‌های مزبور در بررسی فعالیت‌های نووتکتونیکی کاربرد زیادی داشته است. برای مثال، یمانی و همکاران (۱۳۸۶) در دامنه‌های کوه کرکس، نوجوان و خسروی (۱۳۸۸) در جلگه خوزستان، کرمی (۱۳۸۸) در دشت بستان آباد، رجبی و شیری (۱۳۸۸) در حوضه‌های کمورچای و سنجچای و غیره با استفاده از تحلیل‌های ژئومورفیک و شواهد ژئومورفولوژیک به ارزیابی فعالیت‌های نووتکتونیک در مناطق مختلف کشور پرداختند.

موقعیت جغرافیایی و وضعیت گسل‌های منطقه مورد مطالعه

رشته کوه بزقوش با مختصات $^{\circ} ۵۰-۰-۴۷$ طول شرقی و $^{\circ} ۳۰-۳۷$ عرض شمالی در جنوب توده آتشفسانی سبلان قرار دارد. روند این رشته کوه شرقی- غربی است و انتهای غربی آن بواسیله رودخانه اوجان‌چای از توده آتشفسانی سهند جدا می‌شود. واحدهای لیتولوژی غالب آن را سنگ‌های آذرین اوسن تشکیل می‌دهند. این رشته کوه دارای قلل متعددی است و مرتفع‌ترین قله آن ۳۲۹۷ متر است (شکل ۱). وانق‌چای از زیر حوضه‌های آجی‌چای از دامنه‌های این رشته کوه جريان پیدا می‌کند که در نهايیت، به درياچه اروميه می‌ریزد. تمامی ۲۰ حوضه مورد مطالعه در دامنه شمالی رشته کوه بزقوش از زیر حوضه‌های آجی‌چای محسوب می‌شوند. (شکل ۲).

قطعه جنوب شرقی گسل شمال تبریز از دامنه‌های شمالی و جنوبی رشته کوه بزقوش عبور می‌کند. در این قطعه، راستای گسل‌ها شرقی- غربی و شمال‌غربی- جنوب‌شرقی هستند که مهمترین آنها گسل‌های دامنه شمالی و جنوبی رشته کوه هستند (شکل ۳). این گسل‌ها موجب پایین‌رفگی دو طرف این رشته کوه (دشت سراب در شمال و دشت میانه در جنوب) و بالا‌آمدگی بخش مرکزی آن شده است (شکل ۴). ساز و کار حاکم بر این گسل امتداد لغز راستگرد با مؤلفه شب لغز معکوس تعیین شده است (حسامی، ۲۰۰۳).

روش تحقیق

در این پژوهش به منظور شناسایی منطقه مطالعاتی، بررسی عوارض سطح زمین، ساختار زمین‌شناسی و محاسبه و تحلیل شاخص‌های ژئومورفیک از نقشه‌های توپوگرافی (۱:۵۰۰۰۰)، نقشه زمین‌شناسی (۱:۱۰۰۰۰۰) سراب و ترکمان-

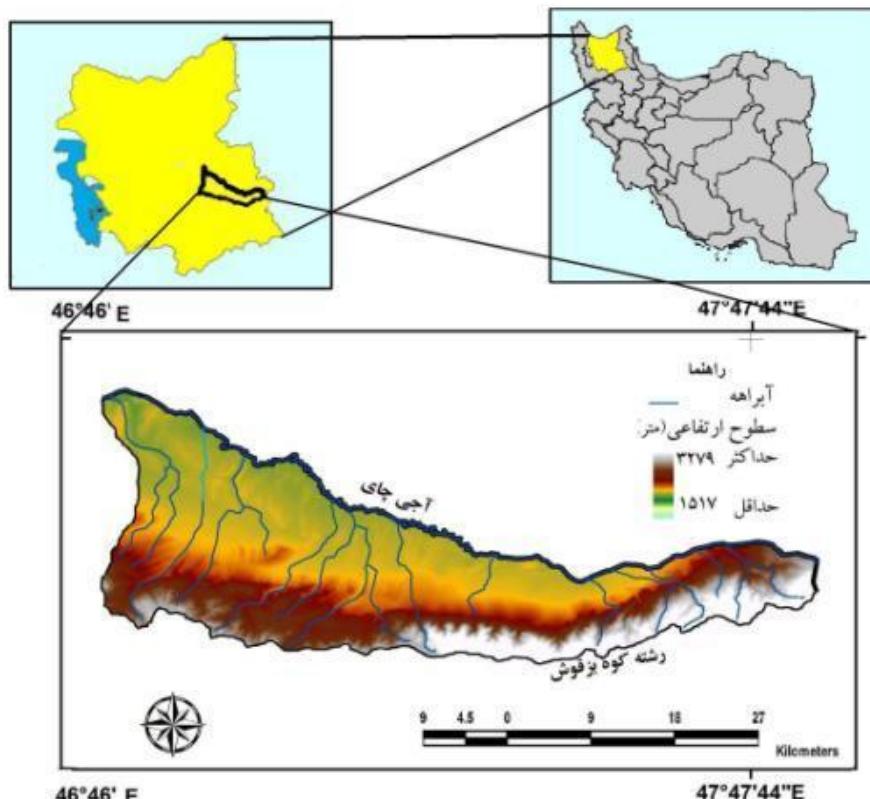
6- Wells

7- Ramirez-Herra

8- Guanieri and Pirrotta

9- Figuera and Knott

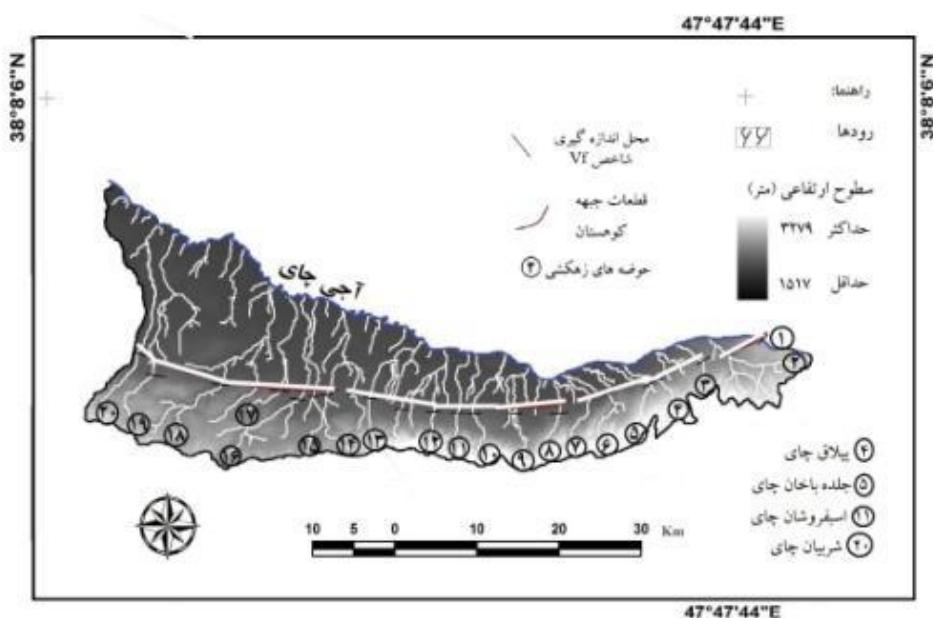
چای-قره‌چمن، عکس‌های هوایی (۲۰۰۰۰: ۱) منطقه و تصاویر ماهواره‌ای استفاده شده‌اند. همچنین، برای تشخیص عوارض مورفوگلوبنیک چشم‌انداز مطالعات و بازدیدهای میدانی متعدد انجام شد. برای ترسیم نقشه‌ها و نمودارها از نرم افزارهای Arc/GIS و Excel استفاده گردید.



شکل ۱- نقشه موقعیت جغرافیایی دامنه شمالی رشته کوه بزقوش

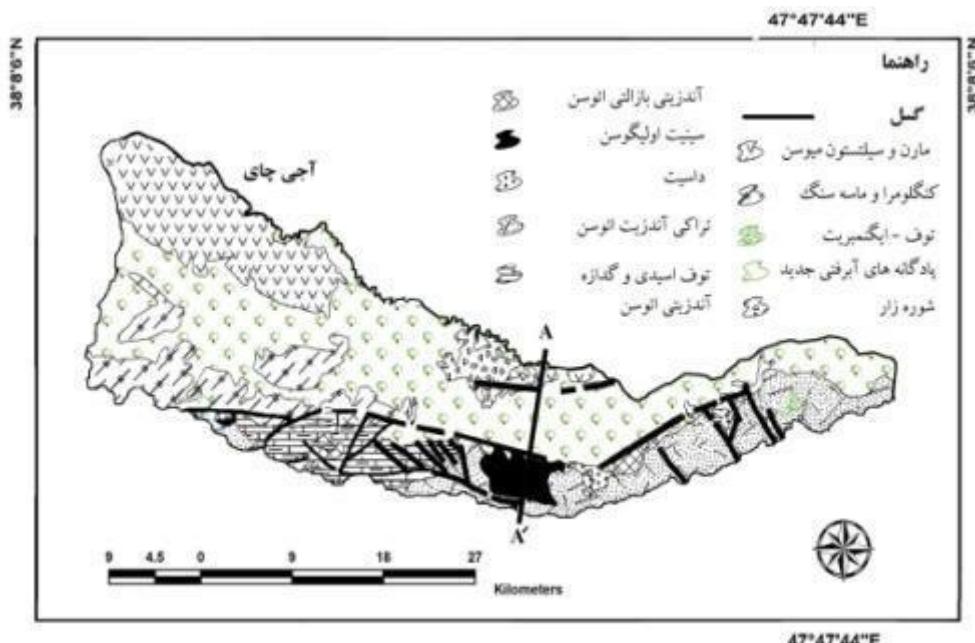
از آنجایی که ارزیابی و سنجش پاسخ ژئومورفیک به فعالیت‌های نئوتکتونیکی می‌تواند با استفاده از شاخص‌های ژئومورفیک انجام شود. بنابراین، برای ارزیابی فعالیت‌های نئوتکتونیکی در منطقه مورد مطالعه، از چهار شاخص ژئومورفیک شامل شاخص سینوسی جبهه کوهستان (S_{mf})، نسبت پهنه‌ای کف دره به ارتفاع آن (Vf)، نسبت شکل حوضه (Bs)، شاخص شب طولی رودخانه (SL) استفاده شد. چون اکثر این شاخص‌ها برای حوضه‌های زهکشی محاسبه می‌شوند، به همین علت در منطقه مورد مطالعه نیز حوضه‌ها انتخاب شدند، به طوری که در دامنه شمالی رشته کوه بزقوش ۲۰ زیر حوضه از آبراهه‌های اصلی رودخانه آجی‌چای به دست آمد. شاخص‌های مذبور با استفاده از نقشه‌های توپوگرافی و مدل رقومی ارتفاع (DEM) محاسبه و برآورد شدند. شاخص سینوسی جبهه کوهستان (S_{mf})، با انتخاب منحنی میزان ۲۰۰۰ متر از روی نقشه‌های توپوگرافی ۱:۵۰۰۰۰ به عنوان جبهه کوهستان و مرز بین کوهستان و دشت برای دامنه شمالی رشته کوه بزقوش محاسبه شد و جبهه شمالی کوهستان بزقوش براساس پیچ و خم موجود به چهار قطعه تقسیم شده است (شکل ۲). نسبت پهنه‌ای کف دره به ارتفاع آن (Vf) به فواصل ۱-۰/۵ کیلومتر از جبهه‌های کوهستان در دره-

های مختلف منطقه با استفاده از نقشه‌های توپوگرافی (۱:۵۰۰۰۰) اندازه‌گیری شدند. مقدار نسبتاً زیاد شاخص (بیشتر از ۱) نشان دهنده دره‌های با کف پهن است (همدونی و همکاران ۲۰۰۸: ۱۶۸). در این مطالعه، مقادیر SL در طول رودخانه‌های دامنه شمالی بزقوش برای قطعات با طول ۱۰۰ متر محاسبه شد و نمودار آنها برای نشان دادن تاثیر لیتولوژی یا گسل در تغییرات شیب طولی رودخانه ترسیم گردید. در تمامی رودخانه‌ها متوسط شاخص SL برای تعیین طبقه فعالیت تکتونیکی حوضه‌ها محاسبه شد. آستانه‌های این شاخص، آبراهه‌های متأثر از حرکات تکتونیکی را با مقادیر SL بیش از ۵۰۰ متر نشان می‌دهد و مقادیر کمتر از ۳۰۰ متر هم بیانگر حوضه‌هایی هستند که رودخانه کمتر از فرایندهای تکتونیکی متأثر شده است. اندازه طول حوضه از انتهای ترین قسم آب تا خروجی حوضه و پهنازی حوضه در پهن‌ترین قسمت هم برای محاسبه شاخص Bs از نقشه‌های توپوگرافی ۱:۵۰۰۰۰ به دست آمد. پس از برآورد شاخص‌های ژئومورفیک در منطقه مورد مطالعه و تعیین کلاس آنها برپایه جدول (۱)، ارزیابی نسبی فعالیت‌های تکتونیکی با استفاده از شاخص (Iat)^۱ انجام شد.

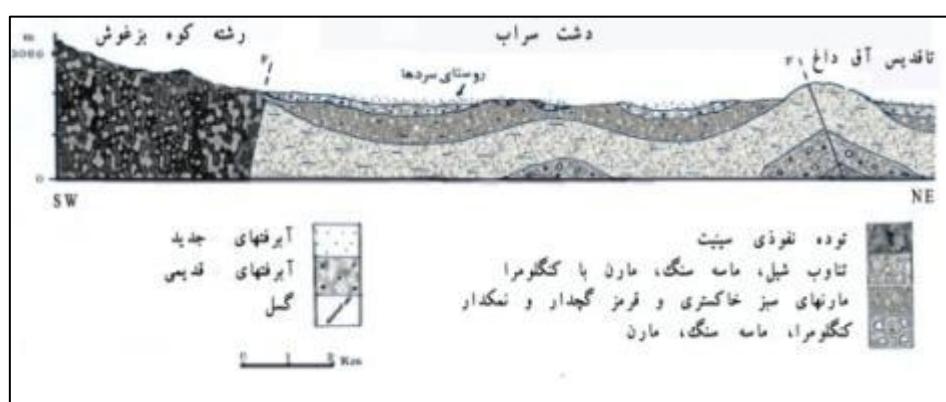


شکل ۲- نقشه حوضه‌های زهکشی دامنه شمالی رشته کوه بزقوش

1-Index of relative active tectonic (Iat)



شکل ۳ – نقشه واحدهای لیتولوژی و گسلهای دامنه شمالی رشته کوه بزقوش



شکل ۴- مقطع زمین‌شناسی دامنه شمالی رشته کوه بزقوش (با تغییراتی از سازمان زمین‌شناسی، ۱۹۹۳)

$$Iat = S / n$$

Iat = شاخص فعالیت نسبی تکتونیک؛ S = مجموع کلاس‌های شاخص‌های ژئومورفیک محاسبه شده و N = تعداد شاخص‌های محاسبه شده. طبقات مختلف شاخص (Iat) به صورت زیر است: $1/5 < Iat < 1$ فعالیت‌های تکتونیکی خیلی زیاد؛ $1/5 < Iat < 2$ فعالیت‌های تکتونیکی زیاد؛ $2/5 < Iat < 2$ فعالیت‌های تکتونیکی متوسط و $Iat > 2/5$ فعالیت‌های کم (همدونی و همکاران ۲۰۰۸: ۱۷۱).

نتایج و بحث

شاخص سینوسی جبهه کوهستان (S_{mf}) در دامنه شمالی رشته کوه بزقوش

یک جبهه کوهستان مستقیم نشانگر وجود یک گسل فعال است. در حالی که پیشانی پر پیچ و خم یک کوهستان، فعالیت تکتونیکی ضعیف و برتری عمل فرسایش و برخنه شدگی ارتفاعات را نشان می‌دهد. به این ترتیب، فعالیت تکتونیکی در کوهستان می‌تواند بواسیله شاخص سینوسی جبهه کوهستان ییان شود (رامیرز- هررا، ۱۹۹۸، ۳۲۵).

جدول ۱- شاخص‌های مورد استفاده برای ارزیابی فعالیت‌های نئوتکتونیکی در منطقه

نام شاخص	معادله	اجزا	کلاس‌ها
سینوسی جبهه کوهستان ^{۱۱}	$S_{mf} = L_{mf} / L_s$	طول جبهه کوهستان در مرز بین کوه و دشت = طول خطی مماس در امتداد جبهه کوهستان	$S_{mf} < 1/1$ (۱) $1/1 < S_{mf} < 1/5$ (۲) $> S_{mf} 1/5$ (۳)
نسبت پهنه‌ای کف دره به ارتفاع آن ^{۱۲}	$Vf = 2 V_{fw} / [(E_{ld} - E_{sc}) + (E_{rd} - E_{sc})]$	V_{fw} = پهنه‌ای کف دره ارتفاع متوسط خط تقسیم آب در سمت چپ و راست دره E_{sc} = ارتفاع متوسط کف دره از سطح آب‌های آزاد	$Vf < 0/5$ (۱) $0/5 < Vf < 2$ (۲) $> Vf 1$ (۳)
شب طولی رودخانه ^{۱۳}	$SI = (\Delta H / \Delta L) L$	اختلاف ارتفاع قطعه مورد نظر ΔH طول شاخه مورد نظر ΔL L = مجموع طول آبراهه از نقطه محاسبه شاخص	$SI \geq 500$ (۱) $300 < SI < 500$ (۲) $SI < 300$ (۳)
نسبت شکل حوضه زهکشی ^{۱۴}	$Bs = B_l / B_w$	B_l = اندازه طول حوضه از انتهایی ترین مقسم آب تا خروجی حوضه B_w = پهنه‌ای حوضه در پهن ترین قسمت	$> Bs 4$ (۱) $3 < Bs < 4$ (۲) $Bs < 3$ (۳)

کلاس‌ها: ۱) فعال - ۲) نیمه فعال - ۳) فعالیت کم (همدونی و همکاران، ۲۰۰۸، ۱۶۸)

جبهه کوهستان در دامنه شمالی بزقوش کاملاً مستقیم نیست (شکل ۲). در ضمن بسیار پر پیچ و خم و نامنظم هم نیست (جدول ۲). قطعه یک که حوضه‌های بالادست وائق‌چای و شکردره‌چای را در شرق کوهستان در بر می‌گیرد با $1/8$ $S_{mf} =$ جبهه کم فعالیتی را از نظر تکتونیکی نشان می‌دهد. در این قطعه فرایندهای فرسایشی، پیشانی تقریباً پر پیچ و خمی را بوجود آورده است. قطعه دو و سه شامل بعض میانی بزقوش با جبهه تقریباً مستقیم بیانگر فعالیت‌های تکتونیکی متوسط می‌باشد. در پای این جبهه‌های کوهستانی، نهشته‌های کواترنری انباسته شده‌اند و شواهدی مانند مخروط‌افکنهای تغییر شکل یافته، حفر عمیق آبراهه‌ها در محل جبهه و غیره فعالیت‌های تکتونیکی اخیر را نشان می‌دهند. حوضه‌های

11- Mountain Front Sinusity(S_{mf})

12- Ratio of valley – floor with to vally height (Vf)

13- Stream Length Gradiant Index(SL)

14- Drainage Basin Shape Ratio(Bs)

دامن جان‌چای تا شریان‌چای هم قطعه چهار جبهه کوهستانی شمال بزقوش را تشکیل می‌دهند. این قطعه با $S_{mf} = 1/77$ جبهه کوهستانی کم فعالی را از نظر فعالیت‌های تکتونیکی در غرب کوهستان ارائه می‌دهد. به این ترتیب، مقادیر S_{mf} در جبهه کوهستان دامنه شمالی رشته کوه بزقوش از $1/25 - 1/8$ نوسان داشته و کوچکتر از عدد یک نیست.

جدول ۲ - مقادیر شاخص (S_{mf}) در دامنه شمالی بزقوش و طبقه هر قطعه از نظر فعالیت‌های تکتونیکی

ردیف قطعه	حوضه‌ها	L_{mf} (Km)	L_s (Km)	S_{mf}	طبقه فعالیت تکتونیکی
۱	وانق چای شکردره چای	۲۰	۱۱	۱/۸	فعالیت کم
۲	عبدل آبادچای بیلاق چای جلدهباخان چای اردهاچای شالقون چای	۲۸/۷	۲۱/۵	۱/۳	نیمه فعال
۳	چمن چای بیجندچای هریس چای اسفروشان چای سردهاچای جهیزدان چای	۱۶/۲	۱۳	۱/۲۵	نیمه فعال
۴	دامنچان چای ابرغان چای آناقیز چای منکرآبادچای بهرمان چای ایوق چای شوبیان چای	۸۰	۴۵/۰۱	۱/۷۷	فعالیت کم

مأخذ: نگارندگان

نسبت پهنه‌ای کف دره به ارتفاع آن (Vf) در حوضه‌های زهکشی شمالی رشته کوه بزقوش

نیمرخ عرضی دره‌ها با استفاده از نسبت کف به ارتفاع تعریف می‌شوند. این نسبت شاخصی را فراهم می‌کند که حفر پایین دست رودخانه در اثر پایین افتادن سطح اساس و فرسایش کناری دامنه‌های مجاور رودخانه را نشان می‌دهد (رامیرز- هررا ، ۱۹۹۸ ، ۳۲۵). مقدار شاخص Vf در دره‌های اصلی شمال بزقوش از $0/۳۱ - 1/۷۱$ متغیر است (جدول ۳). دره‌های V شکل مقادیر نسبتاً کمی از شاخص Vf را به خود اختصاص داده‌اند و بخش‌های میانی و غربی منطقه را شامل می‌شوند. اما دره‌های بیجندچای (۱/۷۱)، چمن چای (۱/۱۵) و شالقون چای (۱/۲۳) که دارای مقدار نسبتاً زیاد شاخص Vf (بیشتر از ۱) هستند دره‌هایی با کف پهن دارند. این وضعیت پاسخی به تعادل نسبی سطح اساس و میزان کم بالا آمدگی می‌باشد. در شرق رشته کوه بزقوش نیز میزان Vf کمتر از یک می‌باشد. در این قسمت که رودخانه وانق چای در محل جبهه کوهستان، سنگ‌های آذرآورای کواترنر را قطع کرده مقدار $Vf = ۰/۵۷$ می‌باشد، حال آن که شکردره‌چای که

جهه کوهستان را در سنگ‌های ماسه سنگ، سیلت و کنگلومرا اولیگوسن حفر کرده، مقدار Vf به ۰/۳۶ کاهش یافته است. در این دره‌ها، رودخانه‌ها تحت تأثیر میزان بالا آمدگی عمل حفر را انجام می‌دهند و دره‌های عمیقی بوجود آورده‌اند.

نتایج تحلیل‌های مشابه که بواسیله سیلو و همکاران (۲۰۰۳، صص ۲۲۶-۲۰۳) در جنوب شرقی اسپانیا و هندومنی و همکاران (۲۰۰۸، ۱۷۳-۱۵۰) در جنوب اسپانیا انجام شده‌اند حاکی از این است که دره‌های Vf کمتر از ۰/۳۶ کمتر از یک در پاسخ به بالا آمدگی فعال تحول یافته‌اند و دره‌های U شکل پهن با مقادیر بزرگتر از یک، عمدتاً فرسایش کناری را به علت پایداری سطح اساس یا بی‌حرکتی و عدم فعالیت تکتونیکی نشان می‌دهند.

جدول ۳- مقادیر شاخص (Vf) در حوضه‌های شمالی بزقوش و طبقه هر حوضه از نظر فعالیت‌های تکتونیکی

ردیف	حوضه‌ها	V_{fw} (m)	E_{sc} (m)	E_{rd} (m)	E_{ld} (m)	Vf	طبقه فعالیت تکتونیکی
۱	وانق چای	۷۵	۲۰۸۰	۲۲۲۰	۲۲۰۰	۰/۵۷	نیمه فعال
۲	شکردره چای	۴۰	۲۰۶۰	۲۲۰۰	۲۱۴۰	۰/۳۶	فعال
۳	عبدل آباد چای	۵۰	۲۱۴۰	۲۲۰۰	۲۲۲۰	۰/۷۱	نیمه فعال
۴	بیلاق چای	۸۵	۲۱۴۰	۲۲۶۰	۲۲۲۰	۰/۸۵	نیمه فعال
۵	جلده باخان چای	۱۰۰	۲۰۸۰	۲۲۲۰	۲۲۰۰	۰/۷۷	نیمه فعال
۶	اردھاچای	۱۱۰	۱۹۰۰	۲۲۰۰	۲۱۲۰	۰/۴۲	فعال
۷	شالقون چای	۸۰	۲۰۰۰	۲۰۲۰	۲۱۰۰	۱/۳۳	فعالیت کم
۸	چمن چای	۱۵۰	۲۰۰۰	۲۰۶۰	۲۲۰۰	۱/۱۵	فعالیت کم
۹	بیجنده چای	۱۲۵	۲۱۰۰	۲۱۴۰	۲۲۰۰	۱/۷۱	فعالیت کم
۱۰	هریس چای	۷۵	۲۱۲۰	۲۲۰۰	۲۳۰۰	۰/۵۷	نیمه فعال
۱۱	اسپروشان چای	۱۰۰	۲۱۰۰	۲۳۴۰	۲۳۶۰	۰/۴	فعال
۱۲	سرده چای	۱۰۰	۲۱۰۰	۲۵۴۰	۲۳۰۰	۰/۳۱	فعال
۱۳	جهیزدان چای	۱۰۰	۲۰۰۰	۲۲۲۰	۲۲۸۰	۰/۵۸	نیمه فعال
۱۴	دامنچان چای	۱۰۰	۲۱۰۰	۲۲۸۰	۲۳۶۰	۰/۴۵	فعال
۱۵	ابرغان چای	۱۰۰	۱۹۸۰	۲۰۷۵	۲۱۵۰	۰/۷۵	نیمه فعال
۱۶	آناقیز چای	۱۰۰	۱۹۸۰	۲۰۷۵	۲۱۵۰	۰/۷۵	نیمه فعال
۱۷	منکر آباد چای	۸۰	۱۹۰۰	۲۰۳۶	۲۰۴۴	۰/۵۷	نیمه فعال
۱۸	بهرمان چای	۱۰۰	۱۹۲۰	۲۰۵۷	۲۱۲۹	۰/۵۷	نیمه فعال
۱۹	ایوق چای	۱۰۰	۱۹۸۰	۲۱۳۰	۲۰۴۰	۰/۹۲	نیمه فعال
۲۰	شریان چای	۱۰۰	۱۹۴۰	۲۰۴۳	۲۱۰۰	۰/۷۶	نیمه فعال

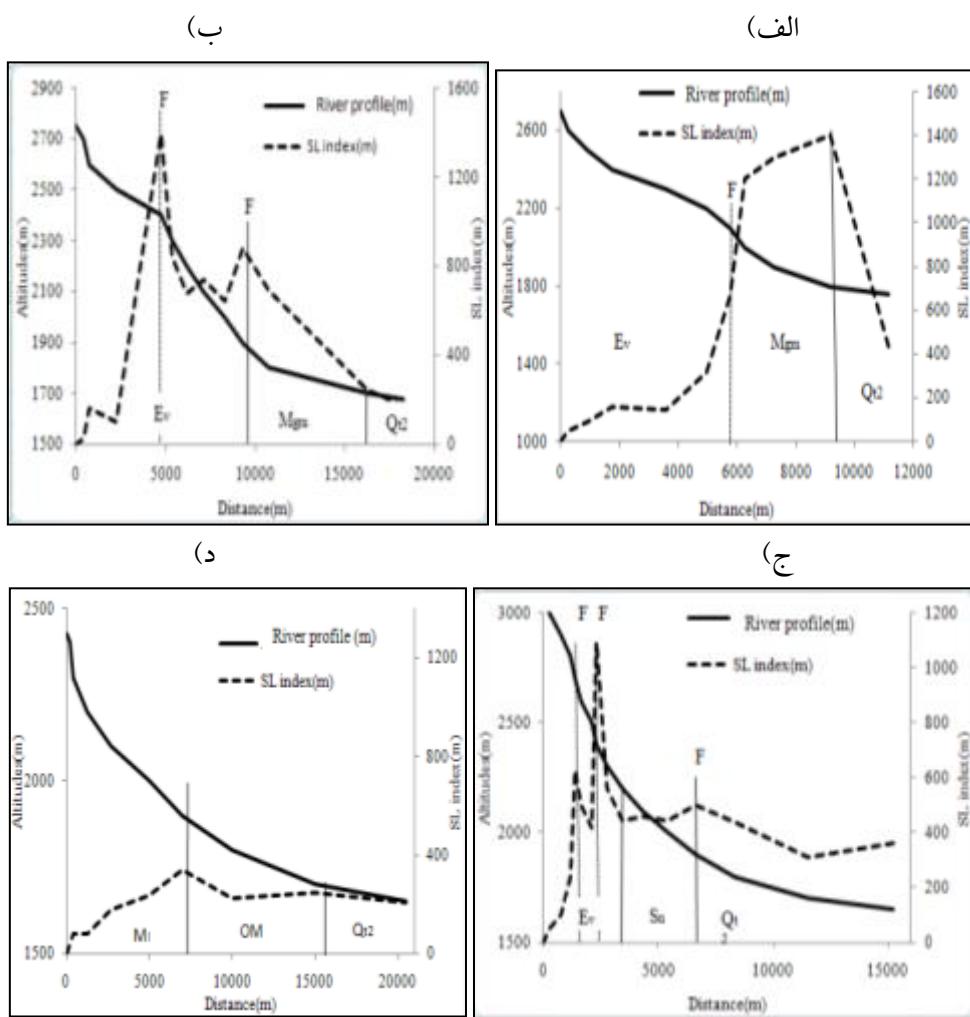
مأخذ: نگارندگان

شاخص شیب طولی رودخانه (SL) در حوضه‌های زهکشی شمالی رشته کوه بزقوش نیمرخ طولی رودخانه می‌تواند به عنوان نتیجه بیلان بین میزان فرسایش و بالآمدگی تفسیر شود. شاخص SL از آنجایی که به تغییرات شیب آبراهه حساس است ابزار ویژه‌ای برای اندازگیری آشفتگی نیمرخ طولی رودخانه محسوب می‌شود. این شاخص همبستگی خوبی با مقاومت سنگ نشان می‌دهد. بعلاوه می‌تواند با تعریف بی‌نظمی‌های زیاد شاخص در یک نوع سنگ واحد (لیتولوژی یکسان)، فعالیت‌های تکتونیکی اخیر را آشکار نماید (ترویانی و دلاستا^{۱۵}، ۲۰۰۸، ۱۶۳). مقدار متوسط شاخص SL محاسبه شده در رودخانه‌های شمالی بزقوش مابین ۱۶۳/۶-۵۲۱/۵ متغیر است (جدول ۴). براین اساس، بیلاق‌چای (SL=۵۲۱/۹۵)، جلدہ‌باخان (SL=۵۰۶/۱۶) و چمن‌چای (SL=۵۰۶/۲) بدلیل مقادیر بالای شاخص، از نظر حرکات تکتونیکی در کلاس ۱ (فعال) قرار می‌گیرند (شکل ۵).

جدول ۴- مقادیر متوسط شاخص SL در حوضه‌های شمالی بزقوش و طبقه هر کدام از نظر تکتونیکی

ردیف	حوضه‌ها	SL	طبقه فعالیت تکتونیکی
۱	وانق‌چای	۲۶۶/۴	فعالیت کم
۲	شکردره‌چای	۴۱۹/۲۵	نیمه فعال
۳	عبدل‌آبادچای	۳۴۷/۶۶	نیمه فعال
۴	بیلاق‌چای	۵۲۱/۹۵	فعال
۵	جلده‌باخان‌چای	۵۰۶/۱۶	فعال
۶	ارده‌چای	۴۷۶/۲۷	نیمه فعال
۷	شالقون‌چای	۳۲۷/۱۳	نیمه فعال
۸	چمن‌چای	۵۰۶/۲	فعال
۹	بیجند‌چای	۳۵۳/۹۱	نیمه فعال
۱۰	هریس‌چای	۳۵۳/۰۳	نیمه فعال
۱۱	اسپفروشان‌چای	۴۰۸/۶۵	نیمه فعال
۱۲	سرده‌چای	۴۳۲/۶۵	نیمه فعال
۱۳	جهیزدان‌چای	۳۰۲/۵۱	نیمه فعال
۱۴	دامنچان‌چای	۳۴۵/۹۹	نیمه فعال
۱۵	ابرغان‌چای	۲۰۰/۹۹	فعالیت کم
۱۶	آناقیز‌چای	۱۷۸/۶۲	فعالیت کم
۱۷	منکر‌آبادچای	۱۷۲/۳۷	فعالیت کم
۱۸	بهرمان‌چای	۲۰۲/۷۲	فعالیت کم
۱۹	ایوق‌چای	۱۹۰/۵	فعالیت کم
۲۰	شریان‌چای	۱۶۳/۶	فعالیت کم

مأخذ: نگارندگان



شکل ۵- نیمرخ طولی و شاخص شیب طولی برشی رودخانه‌های شمال رشته کوه بزقوش

(الف) یلاق‌چای (ب) جله‌باخان چای (ج) اسپروشان چای (د) شریان چای

آندزیت و تراکی آندزیت اوسن M_{gm} = مارن گچدار و نمکدار میوسن Sn = سینیت
 پادگانه‌های آبرفتی جدید OM = کنگلومرا، ماسه سنگ، مارن اولیگوسن M_i = آهک میوسن F = گسل
 در بی‌نظمی‌های نیمرخ طولی رودخانه‌های مذکور، بالا آمدگی بستر رودخانه در محل قطع شدگی بوسیله گسل،
 بسیار مشهود بوده و شیب زیادی را ایجاد کرده است. با وجودی که نیمرخ رودهایی مانند اسپروشان چای که از نظر
 فعالیت‌های تکتونیکی در کلاس ۲ (نیمه فعال) قرار گرفته‌اند مقعر هستند، ولی نمودار شاخص SL نوسانات زیادی را در
 شیب بالادست رودها نشان می‌دهد که با گسل‌های منطقه منطبق می‌باشند. همچنین وانق‌چای در شرق کوه بزقوش و
 رودخانه‌های غربی دامنه شمالی با مقادیر پایین متوسط شاخص SL در رده حوضه‌های با فعالیت کم تکتونیکی قرار
 دارند (شکل ۵).

نسبت شکل حوضه (Bs) در دامنه جنوبی رشته کوه بزقوش

حوضه‌های زهکشی در رشته کوهی که از نظر زمین ساخت فعال بوده، کشیده هستند. البته بعد از توقف بالآمدگی، شکل حوضه در طی زمان سریعاً دایره می‌شود (رامیرز- هررا، ۱۹۹۸، ۳۲۵). در منطقه مورد مطالعه، باستثنای حوضه‌های وانق‌چای ($Bs = 2/33$) و شکردره‌چای ($Bs = 1/25$) که در شرق بزقوش قرار دارند، سایر حوضه‌ها، شکل کشیده یا نسبتاً کشیده‌ای دارند. حداکثر میزان شاخص Bs در دامنه شمالی رشته کوه بزقوش به حوضه زهکشی دامن جان‌چای ($Bs = 7/03$) مربوط می‌شود (جدول ۵). طبق نتایج بدست آمده از محاسبه شاخص Bs ، اکثر حوضه‌های بخش میانی بزقوش حوضه‌های کشیده‌ای هستند که مقادیر بالای شاخص، فعالیت تکتونیکی آنها را نشان می‌دهد. حوضه‌های غربی نیز از نظر تکتونیکی نسبتاً فعال هستند و فقط حوضه‌های شرقی (شامل وانق‌چای و شکردره‌چای) در کلاس با فعالیت کم تکتونیکی قرار می‌گیرند. قابل ذکر است حوضه‌های کشیده، حفر پایین دست نواحی را با بالآمدگی سریع و ممتد نشان می‌دهند. در این حوضه‌ها انرژی رودخانه به حفر معطوف می‌شود و در صورت قطع شدن بالآمدگی، انرژی رودخانه به پهن شدگی و توسعه حوضه‌ها در بالادرست جبهه کوهستان منجر می‌شود.

ارزیابی نسبی فعالیت‌های تکتونیکی در حوضه‌های زهکشی دامنه شمالی رشته کوه بزقوش
 نتایج بدست آمده از محاسبه شاخص (Iat) در منطقه مورد مطالعه نشان می‌دهد که اکثر حوضه‌ها، دارای فعالیت تکتونیکی متوسط و زیاد می‌باشند (جدول ۶) و اغلب حوضه‌های غربی و همچنین شرقی ترین حوضه (وانق‌چای) در دامنه شمالی بزقوش از نظر حرکات تکتونیکی دارای فعالیت کم هستند.

جدول ۵- مقادیر شاخص (Bs) در حوضه‌های شمالی بزقوش و طبقه هر حوضه از نظر فعالیت‌های تکتونیکی

ردیف	حوضه‌ها	Bl(m)	Bw(m)	Bs	طبقه فعالیت تکتونیکی
۱	وانق‌چای	۱۴	۶	۲/۳۳	فعالیت کم
۲	شکردره‌چای	۱۵	۱۲	۱/۲۵	فعالیت کم
۳	عبدل آباد‌چای	۱۰	۳	۳/۳۳	نیمه فعال
۴	بیلاق‌چای	۱۴	۴	۳/۵	نیمه فعال
۵	جلده‌باخان‌چای	۱۵	۳/۵	۴/۲۸	فعال
۶	اردھاچای	۱۵	۳/۲۵	۴/۶۲	فعال
۷	شالقون‌چای	۱۱	۳/۴۵	۳/۱۸	نیمه فعال
۸	چمن‌چای	۱۴	۴/۳	۳/۲۵	نیمه فعال
۹	بیجند‌چای	۱۶	۳/۶	۴/۴۴	فعال
۱۰	هریس‌چای	۱۵	۳/۲۵	۴/۶۲	فعال
۱۱	اسفروشان‌چای	۱۵	۳	۵	فعال
۱۲	سرده‌چای	۱۵	۳/۶۵	۴/۱۱	فعال
۱۳	جهیزدان‌چای	۱۵/۵	۲/۴	۶/۴۵	فعال

فعال	۷/۰۳	۲/۷	۱۹	دامنچان‌چای	۱۴
نیمه فعال	۲/۹۵	۷/۱	۲۱	ابرغان‌چای	۱۵
نیمه فعال	۳/۴۲	۷	۲۴	آناقیز‌چای	۱۶
نیمه فعال	۴	۵/۵	۲۲	منکرآباد‌چای	۱۷
نیمه فعال	۳/۵۷	۷	۲۵	بهرمان‌چای	۱۸
نیمه فعال	۳/۴۲	۷	۲۴	ایوق‌چای	۱۹
نیمه فعال	۳/۰۵	۸/۵	۲۶	شریان‌چای	۲۰

مأخذ: نگارندگان

آثار و شواهد مورفو-تکتونیکی در دامنه شمالی رشته کوه بزقوش پرتگاه‌های گسلی

جدول ۶ - مقادیر شاخص (Iat) در حوضه‌های شمالی بزقوش و طبقه هر حوضه از نظر فعالیت‌های تکتونیکی

فعالیت تکتونیکی	Iat	S/n	SL	Bs	Vf	S _{mf}	حوضه‌ها	حوضه‌ها
کم	۴	۲/۷۵	۳	۳	۲	۳	وانق‌چای	۱
متوسط	۳	۲/۲۵	۲	۳	۱	۳	شکردره‌چای	۲
متوسط	۳	۲	۲	۲	۲	۲	عبدل‌آباد‌چای	۳
زیاد	۲	۱/۷۵	۱	۲	۲	۲	بیلاق‌چای	۴
زیاد	۲	۱/۵	۱	۱	۲	۲	جلده‌باخان‌چای	۵
زیاد	۲	۱/۵	۲	۱	۱	۲	ارده‌چای	۶
متوسط	۳	۲/۲۵	۲	۲	۳	۲	شالقون‌چای	۷
متوسط	۳	۲/۲۵	۲	۲	۳	۲	چمن‌چای	۸
متوسط	۳	۲	۲	۱	۳	۲	بیجند‌چای	۹
زیاد	۲	۱/۷۵	۲	۱	۲	۲	هریس‌چای	۱۰
زیاد	۲	۱/۵	۲	۱	۱	۲	اسپرسان‌چای	۱۱
زیاد	۲	۱/۵	۲	۱	۱	۲	سرده‌چای	۱۲
زیاد	۲	۱/۷۵	۲	۱	۲	۲	جهیزدان‌چای	۱۳
زیاد	۲	۱/۷۵	۲	۱	۱	۳	دامن‌چان‌چای	۱۴
کم	۴	۲/۵	۳	۲	۲	۳	ابرغان‌چای	۱۵
کم	۴	۲/۵	۳	۲	۲	۳	آناقیز‌چای	۱۶
متوسط	۳	۲/۲۵	۳	۱	۲	۳	منکرآباد‌چای	۱۷
کم	۴	۲/۵	۳	۲	۲	۳	بهرمان‌چای	۱۸
کم	۴	۲/۵	۳	۲	۲	۳	ایوق‌چای	۱۹
متوسط	۳	۲/۲۵	۳	۲	۲	۲	شریان‌چای	۲۰

مأخذ: نگارندگان

پرتگاه گسلی از شواهد مورفوتکتونیک مهم در طول گسل اصلی بزقوش و سایر گسل‌های عمدۀ منطقه می‌باشد. این پدیده در بخش میانی رشته کوه بزقوش به علت فعالیت‌های تکتونیک و ویژگی‌های لیتولوژی مقاوم از وضوح چشم گیری برخوردار است (شکل ۶). پیدایش آن نتیجه حرکات قائم، در طی دوره‌های کوتاه مدت بالا‌آمدگی بوده ولی سطح آن در دوره‌های کاهش حرکات تکتونیکی، تغییر شکل می‌یابند. بطوری که عوامل هوازدگی به تخریب و تجزیه سنگ‌های آذرین و نفوذی آن اقدام می‌کنند و به این صورت در قطعه فرورو، نهشته‌های متناسب گسل انباسته می‌شوند. چنین شرایطی سبب پوشیده شدن ناهمواری ناشی از گسل می‌شود. حفر پرتگاه گسل در اثر آب‌های جاری، موجب می‌شود نیمرخ ناهمواری ناشی از گسل و نهشته‌های متناسب گسل پدیدار گردد.

دره‌های خطی

از پدیده‌های مورفوتکتونیک مهم دیگر در منطقه، دره‌های خطی هستند. این دره‌ها در مناطقی که گسل‌ها موجب تحول دره‌ها می‌شوند، مشاهده می‌گردند. به این صورت که سیستم‌های فرسایش آبراهه‌ای از این نقاط ضعیف استفاده نموده و با تشدید عوامل مورفودینامیک، دره‌ها در جهت گسل‌ها بریده و عمیقاً حفر شده‌اند. در شرق رشته کوه بزقوش که سیستمی از گسل‌ها در آنجا استقرار دارند، چنین دره‌هایی در بالا دست آبراهه‌ها به وفور دیده می‌شوند. شکل (۷) نمونه‌ای از دره‌های خطی را در ارتفاعات شرقی نشان می‌دهد. به این ترتیب، برخی از سر شاخه‌های وانچای که از ناحیه گسلی شرق بزقوش سرچشمه می‌گیرند، بویژه در بالادست رودخانه‌ها با ساختمان تکتونیکی منطبق هستند. در این شکل انطباق امتداد شاخه‌های فرعی رودخانه جلدۀ باخان با گسل‌های بزقوش دیده می‌شود.

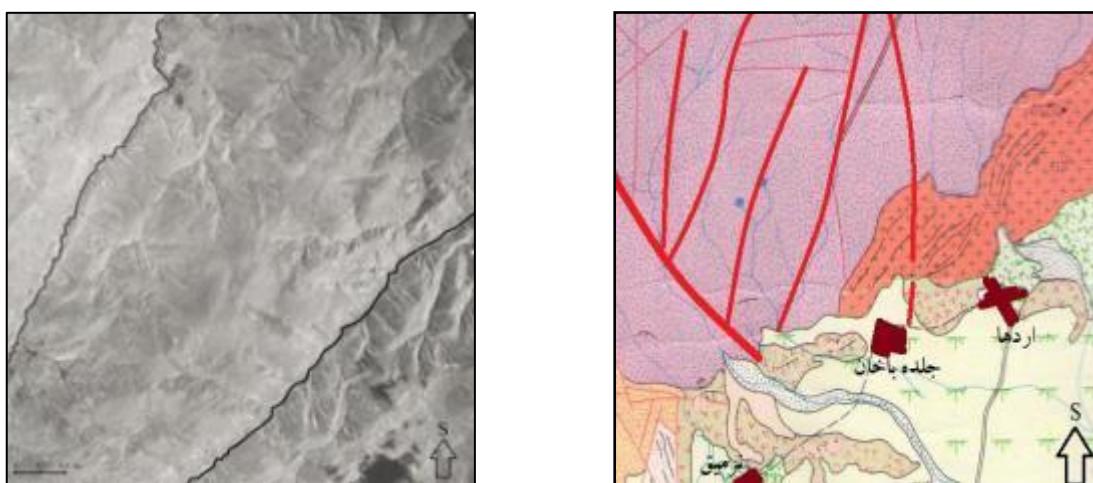
مخروط افکنه‌های چندنسلي

نقشه‌های توپوگرافی، عکس‌های هوایی و مشاهدات میدانی، مخروط افکنه‌های بهم پیوسته‌ای را در امتداد خط کنیک دامنه شمالی بزقوش نشان می‌دهند (شکل ۹)، بطوری که از شکل‌ها مشخص می‌شود سیستم مخروط افکنه‌های دامنه شمالی بزقوش شامل سه گروه از مخروط افکنه‌های قدیمی^{۱۶}، مخروط افکنه‌های جدید و مخروط افکنه‌های جوان معاصر هستند. از مخروط افکنه‌های جدید می‌توان به مخروط افکنه‌های، ایدیرشان، اردھا، صومعه و برکاب، الله حق، جقر و دامن جان در دامنه شمالی اشاره کرد (شکل ۹). مخروط افکنه‌های شالقون، هریس، اسب‌فروشان، سردها، جهیزدان از مخروط‌های قدیمی می‌باشند. این در حالی است که نسل

۱۶- مخروط افکنه‌هایی را که زمان تشکیل آنها احتمالاً پلیشیستون فوقانی است، مخروط‌های قدیمی می‌نامند. مخروط افکنه‌های جدید نیز به احتمال قوی پس از هلوسن شکل گرفته‌اند. مخروط افکنه‌های معاصر، آنها بی‌هستند که در دوره حاضر در حال تشکیل هستند.



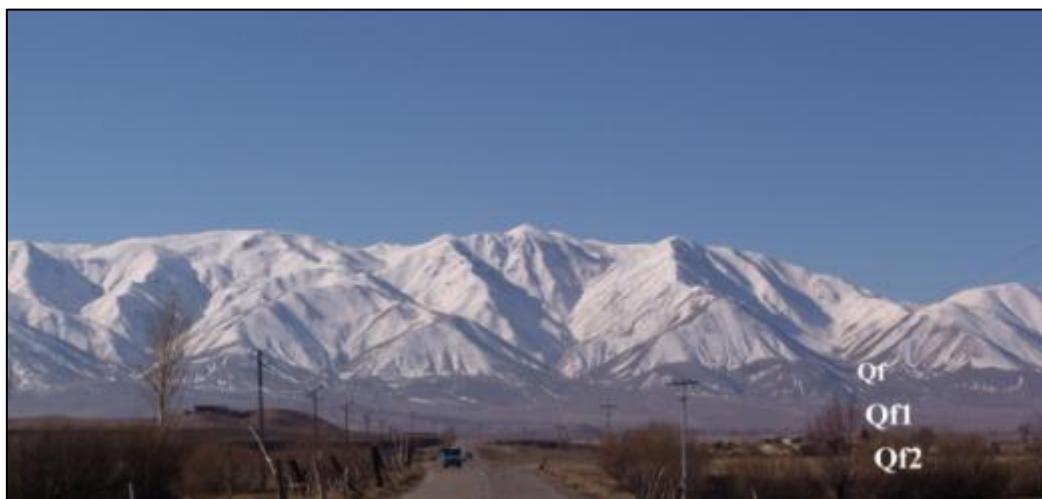
شکل ۶- پر تگاه گسلی در اسپیروشان چای (راست) و نهشته‌های متناسب گسل در جبهه کوهستانی بزقوش (چپ)



شکل ۷- عکس هوایی انطباق امتداد سرشاره‌های جلدہ باخان چای با مسیر گسل‌ها (سمت راست) نقشه گسل‌های همان منطقه

سومی از مخروط افکنه‌ها با نام مخروط افکنه‌های جوان معاصر در بالادست رأس مخروط‌های قدیمی الله حق، برکاب و صومعه، جقر و در شرق ارددا در حال تشکیل هستند (شکل ۸). از آنجایی که راس مخروط‌های جدید در دامنه شمالی رشته کوه بزقوش بر گسل‌های اصلی منطبق مخروط افکنه‌های بزقوش از نوع جبهه‌های کوهستانی گسلی هستند.^{۱۷}

۱۷- Harvey (1989, 1989) محیط‌های تشکیل مخروط افکنه را به جبهه‌های کوهستانی گسلی، جبهه‌های کوهستانی فرسایشی، داخل کوهستان، داخل حوضه‌های بین کوهی و محل تلاقی دره تقسیم کرده است.

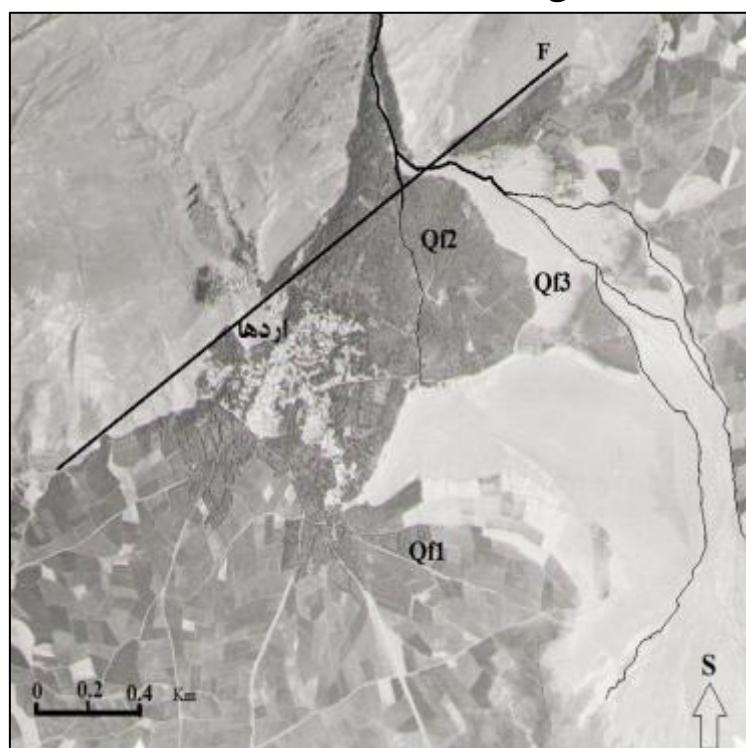


شکل ۸- نمایی از مخروط افکنه‌های بیم پیوسته دامنه شمالی رشته کوه بزقوش

$Qf2$ = مخروط افکنه قدیمی $Qf1$ = مخروط افکنه جدید Qf = مخروط افکنه جوان

نتیجه گیری

در دامنه شمالی رشته کوه بزقوش گسل‌های اصلی منطقه دارای حرکت امتداد لغز هستند. بخشی از آنها دارای حرکت قائم از نوع معکوس و تعداد کمی نیز دارای حرکت نرمال هستند. این گسل‌ها بیشتر دارای راستای شرقی - غربی و شمال‌غربی - جنوب شرقی هستند. اکثر حوضه‌های زهکشی دامنه شمالی رشته کوه بزقوش در محل خروج از کوهستان، بطور قائم بواسیله این گسل‌ها قطع شده‌اند.



شکل ۹- عکس هوایی مخروط افکنه ارددها در محل قطع شدگی آن با گسل شرق بزقوش

$Qf1$ = مخروط افکنه پیشین $Qf2$ = مخروط افکنه پسین $Qf3$ = بخش فعال کنونی F = گسل

تحلیل فعالیت‌های نئوتکتونیکی بوسیله شاخص‌های ژئومورفیک نشان می‌دهند که حوضه‌هایی مانند ییلاق چای، بیجند چای، سردهاچای وغیره که ۴۰ درصد حوضه‌های شمالی بزقوش را شامل می‌شوند، دارای فعالیت‌های تکتونیکی زیاد می‌باشند. این حوضه‌ها در بخش‌های میانی و شرقی رشته کوه بزقوش قرار دارند. یکی از پدیده‌های مورفو-تکتونیکی در این مناطق، پرتگاه‌های گسلی هستند که در امتداد گسل اصلی بزقوش بوجود آمدند. همچنین منطبق با گسل‌های فرعی دیگر در بالادست حوضه‌های مذکور، پرتگاه‌های گسلی دیگری تشکیل شده‌اند. دره‌های گسلی در بالادست آبراهه‌های ارددهاچای، جلدۀ باخان‌چای و سردهاچای وغیره در محل استقرار سیستمی از گسل‌ها از شواهد مورفو-تکتونیکی دیگر در بخش‌های میانی و شرقی رشته کوه بزقوش می‌باشد. اغلب این حوضه‌ها مانند سردهاچای و ارددهاچای دارای دره‌های ۷ شکل با دامنه‌های بسیار پرشیب هستند. از حوضه ییلاق چای در شرق بزقوش تا حوضه دامن جان‌چای در بخش میانی، مخروط افکنه‌های بهم پیوسته‌ای در محل خروج از کوهستان تشکیل شده‌اند که بصورت سیستمی از مخروط افکنه‌های قدیمی، جدید و جوان قرار دارند. محیط تشکیل این مخروط افکنه‌ها بدليل انطباق با راس مخروط‌های جدید یا گسل اصلی بزقوش از نوع جبهه‌های کوهستانی گسلی می‌باشند. تغییر مسیر و انحراف مجرای اصلی مخروط افکنه‌ها (مانند اردها) در اثر فعالیت امتداد لغز گسل‌های منطقه از دیگر ویژگی‌های مخروط افکنه‌های این حوضه‌ها می‌باشد. همچنین در حوضه‌های با فعالیت‌های تکتونیکی زیاد، آبشارها، چشمه‌های آبگرم (مانند الله حق در حوضه سردهاچای، اسبفروشان‌چای وغیره) و چشمه‌های آبرسد بوفور دیده می‌شوند.

حوضه‌های با فعالیت‌های تکتونیکی متوسط هم ۳۵ درصد منطقه مورد مطالعه را دربرمی‌گیرند که حوضه‌هایی مانند چمن‌چای، شالقون‌چای، بیجند چای (در بخش میانی)، شکردره‌چای و عبدل‌آباد‌چای (در بخش شرقی) و منکرآباد و شربیان‌چای را (در بخش غربی) شامل می‌شوند. مخروط افکنه‌های نوع جبهه‌های کوهستانی گسلی از شواهد مورفو-تکتونیکی این حوضه‌ها هستند که اغلب آبراهه‌های آنها در بخش میانی مخروط جریان دارند. پرتگاه‌های گسلی با نهشته‌های متناسب، فرصت فرایندهای فرسایشی را به نهشته شدن نشان می‌دهد. نهشته‌های متناسب در موقعی که فعالیت تکتونیکی کم است تشبیک می‌شوند. وجود چشمه‌های آبگرم و آبرسد منطبق با گسل‌های فرعی در بالادست حوضه‌ها از پدیده‌های مورفو-تکتونیکی این حوضه‌ها می‌باشد.

حوضه‌هایی مانند ایوق‌چای، ابرغان‌چای وغیره که در غرب بزقوش قرار دارند و شرقی ترین حوضه بزقوش (وانق‌چای) در کلاس ۴ با فعالیت تکتونیکی کم قرار می‌گیرند. جبهه کوهستانی پرپیچ و خم و برنه شدگی ارتفاعات در این حوضه‌ها برتری فرایندهای فرسایشی را نسبت به بالا‌آمدگی نشان می‌دهند. همچنین دره‌های با کف نسبتاً پهن در محل جبهه کوهستانی حکایت از فعالیت کم تکتونیکی در این مناطق دارد.

منابع

- رجبی، معصومه و علی شیری طزم، ۱۳۸۸. نئوتکتونیک و آثار ژئومورفولوژیکی گسل اصلی تبریز و گسل‌های فرعی مرتبط با آن، فصلنامه تحقیقات جغرافیایی، شماره ۹۴، صص ۶۷-۹۶.
- سازمان زمین‌شناسی، ۱۹۹۳. شرح نقشه زمین‌شناسی (۱:۱۰۰۰۰۰)، چهارگوش ترکمان‌چای-قره چمن.
- علایی طالقانی، محمود، ۱۳۸۱. ژئومورفولوژی ایران، نشر قومس، ۴۰۴ صفحه.

- ۴- کرمی، فریبا، ۱۳۸۸. ارزیابی و پنهانبندی خطر زمین‌لرزه در شهرستان بستان آباد، گزارش نهایی طرح تحقیقاتی دانشگاه تبریز.
- ۵- نوجوان، محمد رضا و قاسم خسروی، ۱۳۸۸. شواهد ژئومورفولوژیک و زمین‌شناسی تکتونیک جنبا در جلگه خوزستان در رابطه با مدل تحول ناهمواری‌های زاگرس چین‌خورده، فصلنامه تحقیقات جغرافیایی، شماره ۹۶، صص ۱۱۱-۱۳۲.
- ۶- یمانی، مجتبی، مقیمی، ابراهیم و علیرضا تقیان، ۱۳۸۶. ارزیابی تأثیرات نوزمین ساخت فعال در دامنه‌های کركس با استفاده از روش‌های ژئومورفولوژی، فصلنامه تحقیقات جغرافیایی، شماره ۸۸، صص ۱۳۵-۱۱۷.
- 7- Figueroa, A.M., Knott,J.R. 2010. Tectonic geomorphology of the Southern Sierra Nevada Mountains (Califonia), *Geomorphology*. 123:34-45.
- 8- Guarneri, P.,Pirrotta, C., 2008. the response of drainage basins to the late quaternary tectonics in the Sicilian side of the Messina Strait (NE Sicily). *Geomorphology*. 95,260-273.
- 9- Hamdouni, R.E., Irigaray,C., Fernandez,T., Chacon,J., keller E.A.,2008. Assessment of relative active tectonic, South west border of the Sierra Nevada (Southern Spain). *Geomorphology*, 96, 150-173.
- 10- Harvey,A.M. 1989. The occurrence and role of arid zone alluvial fans. In : D. S. G. Thomas. (ed.). Arid zone geomorphology. Belhaven Press.pp.136-158.
- 11- Hesami, k., Pantosti, D.,Tabassi, H., shabanian, E.,Abbassi, M.R., Feghhi,K., and Solaymani, S., 2003. Paleoeartquakes and slip rates of the North Tabriz fault, Nw Iran. *Analys of Geophysics*.vil.46,N,5.
- 12- Martini, P.M., Hessami, k., Pantosi,D., Addezio, G., Alinaghi, H., Ghafory-Ashtiani, M., 1998. A geologic contribution to the evaluation of sesmic potential of the kahrizak fault (Tehra, Iran). *Tectonophysics*.287,187-199.
- 13- Perdrera,A. Perez-Pena,J.V. Galino- Zaldivar,J. 2009. Testing the sensitivity of geomorphic indices in areas of low rate active folding ,Spain, *Geomorphology*, 105:218-231.
- 14- Ramirez- Herrera, M.T.,1998. Geomorphic Assessment of active tectonic in the Acambay Graben, Mexican Volcamic belt Earth Surface and landforms 23,317-322.
- 15- Rockwell,T.K., Keller,E.A., Johnson,D.L. 1985. Tectonic geomorphology of alluvial fans and mountain fronts near Ventura, California, In: Morisawa,M.(Ed.), *Tectonic Geomorphology*. Proceedings of the 15th Annual Geomorphology Symposium. Allen and Unwin Publishers, Boston,MA.
- 16- Silva,P.G., Goy.J.L., Zazo,C., Bardji, T. 2003. Fault generated mountain fronts in southeast Spain: geomorphologic assessment of tectonic and seismic activity, *Geomorphology*, 50:203-225.
- 17- Stepancikova,P., Stemberk, J., Vilimek, V., Kostak, B. 2008. Neotectonic development of drainage networks in the East Sudeten Mountains and monitoring of recent fault displacements (Czech Republic), *Geomorphology* 102, 68-80.
- 18- Troiani, F., Dell Seta, M. 2008. The use of the stream length- Gradient index in morphotectonic analysis of small catchments: A Case study from Centeral Italy, *Geomorphology* 102, 159-168.
- 19- Zuchiewicz, W. 1995. Neotectonics of Poland: a state of the art review. *Folia Quaternaria* 66,7-33.
- 20- Wells, S., Bullard, T., Menges, T., Drake, P., Karas, P., Kelson, K., Ritter, J., Wesling, J. 1988. Regional variations in tectonic geomorphology along segmented convergent plate boundary, Pacific Costa Rica, *Geomorphology* 1, 239-265.